



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

VI. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2025eko maiatzaren 28, 29 eta 30a
Bilbo, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

Aitortu-PartekatuBerdin 4.0

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Eutektogelak, gorabidean dauden
kutsatzaileak uretatik ezabatzeko**

*Elena Gabirondo,
João Miguel Mendes de Araújo,
Ana Belén Pereiro eta
Liliana Carvalho Tomé*

315-322 or.
<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.vi.05.39>

ANTOLATZAILEA



BABESLEAK



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO



Bizkaia
foru aldundia
diputación foral



LAGUNTZAILEAK



Universidad
de Navarra



Eutektogelak, gorabidean dauden kutsatzaileak uretatik ezabatzeko

Elena Gabirondo^{1,2,3}, João Miguel Mendes de Araújo¹, Ana Belén Pereiro¹, Liliana Carvalho Tomé^{1,2}

¹LAQV, REQUIMTE, Department of Chemistry, NOVA School of Science and Technology, FCT NOVA, Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal.

²CEMMPRE, ARISE, Department of Chemical Engineering, University of Coimbra, Rua Sílvio Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal.

³POLYMAT and Department of Polymers and Advanced Materials: Physics, Chemistry and Technology, Faculty of Chemistry, University of the Basque Country UPV/EHU, Pº Manuel de Lardizabal, 3, 20018 Donostia-San Sebastian, Spain.

elena.gabirondo@ehu.eus

Laburpena

Gizartearen aurrerakuntzarekin batera arazo berriak sortzen doaz orain arte eraginkorrak ziren prozesuetan. Edateko uretan esaterako, kutsatzaile berriak agertu dira, gorabidean dauden kutsatzaile bezala katalogatuak, hala nola, plastikoetatik eratorritako aditiboak eta gaixotasunen tratamenduan erabiltzen diren botikak. Kutsatzaile hauen presentziak uretan larriki egin du gorantz azken hamarkadetan, euren kontsumoaren gorakadaren ondorioz. Kutsatzaile berriak izanik, horiek ezabatzeko prozesu eraginkorrik ez dago ur-araztegieta eta ondorioz, etxera iristen den ur edangarriak kutsatzaile horien presentzia du. Arazo hau konpontze aldera, lan honetan disolbatzaile eutektikoetan oinarritutako gelak prestatu dira uretan dauden kutsatzaileak adsorbatzeko.

Hitz gakoak: disolbatzaile eutektikoak, eutektogelak, uraren tratamendua, adsortzioa.

Abstract

With the advancement of society, new problems are emerging in processes that were previously effective. For example, in drinking water, new pollutants have appeared, categorized as contaminants of emerging concern, such as additives derived from plastics and drugs used in disease treatments. The presence of these pollutants in water has significantly increased in recent decades due to the rise in their consumption. As emerging pollutants, there are no effective processes to remove them at water treatment plants, and as a result, the drinking water that reaches homes contains these pollutants. To address this issue, this study focuses on preparing gels based on eutectic solvents to adsorb the pollutants present in water.

Keywords: eutectic solvents, eutectogels, water treatment, sorption.

1. Sarrera eta motibazioa

Nazio Batuen Garapen Jasangarrirako Helburuen (GJH) artean, 6. helburua ur edangarria eta guzti-entzako saneamendua lortzeari buruzkoa da. Hala ere, uraren kalitatearen hobekuntzek aurrera egin duten arren, gorabidean dauden kutsatzaileak, hala nola produktu farmazeutikoak, pestizidak, hormonak eta kosmetikoak, gero eta ohikoagoak dira herrialde industrializatueta eta ondorioz uretan euren presentziak gorakada nabarmena izan du, arrisku handiak ekarri kontsumitzaileei eta baita osasun publikoari ere (Zhang et al., 2022; Hu et al., 2022). Produktu farmazeutikoak, adibidez, askotan ur sisteman sartzen dira batetik giza hondakinen bidez eta bestetik, desegokiro ezabatzearen bidez (Saleem et al., 2023).

Arazo honi aurre egiteko, ura tratatzeko hainbat teknologia garatu dira. Metodo komun bat karbono aktibatuaren bidez iragazketa egitea da, bertan kutsatzaileak material porotsuaren barruan adsorbatuta geratzen dira (Naranjo et al., 2024). Oxidazio prozesu aurreratuak ere emaitza onak erakutsi dituzte maiz, non kutsatzaile konplexuak apurtzen diren konposatu sinpleagoetan eta ondorioz ez hain kaltegarrietan (Rocha et al., 2024). Teknika horiek eraginkorrak izan arren, hainbat erronkari aurre egin behar diete, hala nola kostu handiei eta substantzia jakin batzuk desagerrarazteko gaitasun mugatuari

(Gopalakrishnan et al., 2023). Hori dela eta, konponbide berritzaile eta eraginkorrakoak garatzearen beharra dago.

Disolbatzaile eutektikoetan oinarritutako gelek, eutektogekek, konponbide berritzailea eskaini diezaiekete arazo honi. Disolbatzaile eutektikoak bi konposaturen edo gehiagoren nahasteak dira, non konposatuek elkar eragitean konposatu indibidualek baino urtze-puntu txikiagoa erakusten duten. Disolbatzaile hauek material bigunen garapenean erabili ohi dira, hainbat aplikaziotarako egokiak egiten dituzten propietate bereziak erakusten baitituzte (Tomé et al., 2020; Mercadal et al., 2024; de la Calle et al., 2023). Eutektogel hidrofobikoen kasuan, disolbatzaile hauek sare polimerikoekin konbinatzen dira, batetik ura aldaratzen duten materialak sortzeko, baina bestetik, kutsatzaile organikoekin interakzionatzeko ahalmena duten gelak sortzeko. Eutektogelen egitura paregabe honek ura garbitzeko material aproposak bihurtzen ditu.

Ikerketa honetan, eutektogel hidrofobikoak garatu dira gorabidean dauden kutsatzaileak uretatik adsorbatzeko. Timolez eta mentolez osatutako disolbatzaile eutektikoak prestatuz eta sare polimerikoetan txertatuz, urpeko aplikazioetarako ezaugarri oparoak zituzten gelak sortu dira. Gelen hidrofobizitatea optimizatu ondoren, kutsatzaile sorta bat adsorbatzeko gaitasuna frogatu da, besteak beste, diklofenakoa, iopromida eta bisfenol A.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Disolbatzaile eutektikoek arreta handia erakarri dute azken urteetan, izan ere oso propietate bereziak erakusten dituzte eta ondorioz, abantaila handiak ekarri ditzakete aplikazio askotan. Propietate horien artean, urtze tenperatura baxua, konposatuak disolbatzeko gaitasun handia, lurrunkortasun txikia eta kasu askotan bio-oinarrituak eta ez-toxikoak izatea daude.

Aplikazio jakin batzuetarako euren likido izaera desabantaila izan daiteke, adibidez, baterien industrian. Hori dela eta, disolbatzaile eutektikoekin gelak egiteak abantailak ekarri ditzake, hau da eutektogelak egiteak. Hori modu desberdinetan egin daiteke, modu horietako bat disolbatzaile eutektikoa polimero sarearen barruan harrapatzea da.

Lan honen helburua uretatik kutsatzaileak adsorbatzeko gai diren eutektogelak prestatzea da. Ura- ren barruan lan egin beharko dutenez, eutektogekek hidrofobikoak izan behar dute, bestela gelaren barruan harrapatuta dagoen disolbatzaileak kanpora ateratzeko aukera dauka, izan ere urarekiko afinitate edukiko du.

Artikulu honetan, lehenik disolbatzaile eutektikoen eta eutektogelen eraketa aztertu da. Ondoren, eutektogelen ezaugarriak aztertu dira, euren izaera hidrofobikoa eta egonkortasuna ulertzeko. Azkenik, ezaugarri onenak erakutsi dituen eutektogela erabili da uretan dauden kutsatzaileak adsorbatzeko duen gaitasuna neurtzeko.

3. Ikerketaren muina

3.1. Disolbatzaile eutektiko eta eutektogelen prestaketa eta karakterizazioa

Guztira bost disolbatzaile eutektiko prestatu dira timola edo mentola erabiliz. Batetik, timola beste konposatu batekin nahastuz, tetrabutilfosfonio kloruarekin ($P_{444}Cl$), benziltributilamonio kloruroarekin ($N_{bz444}Cl$), kolina kloruroarekin ($ChCl$) edo azido oktanoikoarekin ($C8$). Bestetik, mentola azido oktanoikoarekin nahastu da. Disolbatzaile eutektikoen prestaketa zenbait teknika analitikoren bidez baieztatu zen, horien artean, Ekortze-Kalorimetria Diferentziala (DSC), Protoi Erresonantzia Magnetiko Nuklearra (1H NMR) eta Fourier Transformazio Infragorri Espektroskopia (FTIR).

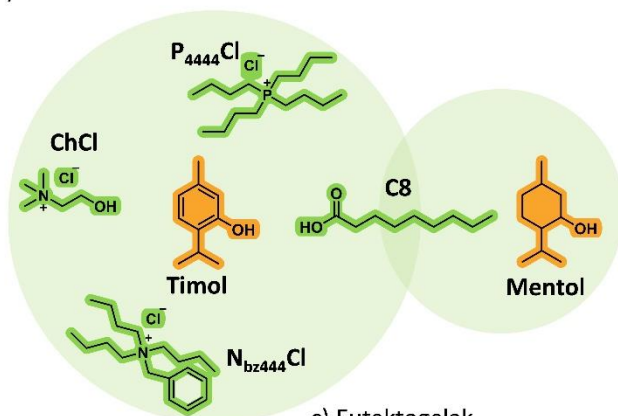
DSC analisiak agerian utzi zuen urtze tenperaturaren depresio bat eman zela, euren osagai indibidualekin alderatuta, sistema eutektikoaren eraketa baieztatuz. 1H NMR espektroak aldaketa nabarmenak

erakutsi zituen oxigeno atomoei atxikitako hidrogeno seinaleetan, seinale batzuk txikituz eta beste batzuk erabat desagertuz, horrela hidrogeno zubiak sortu zirela erakutsiz. FTIR espektroek berriz, beste frogek baieztatutakoa berretsi zuten, alkoholaren bandan 3250 cm inguruan, aldaketak eman zirela erakutsiz, horrela disolbatzaile eutektikoen eraketa arrakastatsua ziurtatuz.

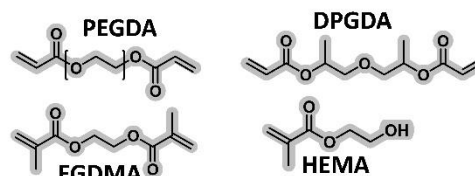
Disolbatzaile nahasketa hauekin eutektogelak prestatu ziren horretarako disolbatzaileak akrilato monomeroekin elkartuz eta ondoren akrilato monomeroen polimerizazioa bultzatuz argi ultramorera erabiliz. Horrela disolbatzaile eutektikoa polimero sarearen barruan geratzen da harrapatuta eta horrela eutektogelak sortuz. Akrilatoen familiako lau monomero ezberdin erabili dira polimero sareak lortzeko, polietileno glikol diakrilatoa (PEGDA), dipropileno glikol diakrilatoa (DPGDA), etileno glikol dimetakrilatoa (EGDMA) eta hidroxietil metakrilatoa (HEMA) (1.irudia).

1.irudia. a) disolbatzaile eutektikoak prestatzeko erabilitako konposatuen egiturak, b) polimero sareak sortzeko akrilato monomeroen egiturak eta c) prestatutako eutektogelaren argazkiak.

a) Disolbatzaile eutektikoak



b) Polimero sareak



c) Eutektogelak



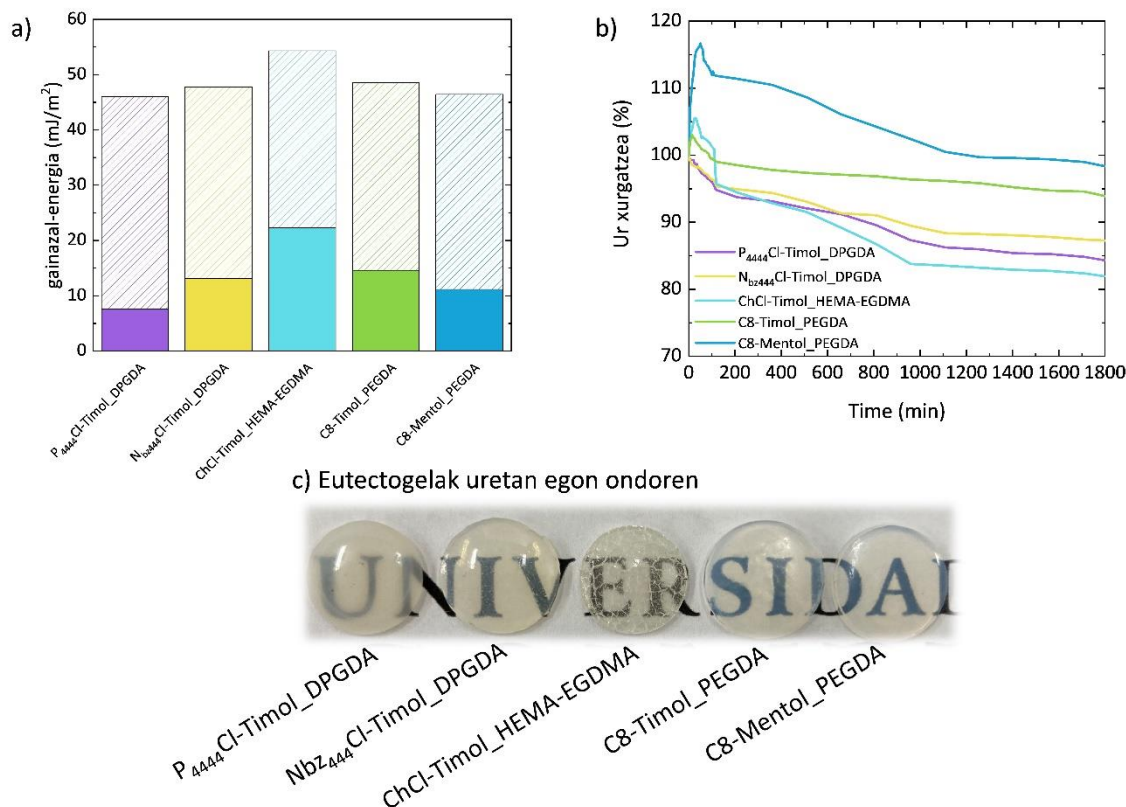
3.2. Eutektogelaren hidrofobizitatearen ebaluaketa

Eutektogelaren propietate hidrofoboak ikertzeko, gainazal energiaren neurketak egin ziren, materialen gainazalean ematen diren molekulen arteko indarren inguruko ebaluaketa egiteko. Gainazal energiaren analisiak erakutsi zuen ChCl-Thy disolbatzaile eutektikoa eta HEMA-EGDMA polimero sarea duen eutektogelak osagai polar altuena zuela, hau da, material hidrofilikoa zela. Aitzitik, Nbz₄₄₄Cl-Timol eta C8-Timol disolbatzaile eutektikoan oinarritutako eutektogelek, hidrokarburoen katearen hidrogeno-lotura luzeak zeuzkatenean, gainazaleko hidrofobizitate handiagoa erakutsi zuten. Laginen artean, P₄₄₄₄Cl-Timol eta C8-Mentol disolbatzaileetan oinarritutako eutektogelek hidrofobizitate handiena erakutsi zuten, beren osagai polar baxuengatik (2.irudia).

Hala ere, garrantzitsua da eutektogelak urpean jarritz erakusten duten portaera aztertzea. Ur xurgatze analisiak agerian utzi zuten gatzetan oinarritutako disolbatzaile eutektikoek (P₄₄₄₄Cl-Timol, Nbz₄₄₄Cl-Timol eta ChCl-Timol) masa handia galdu zutela uretan murgildu ondoren (% 10-20). C8-Timola zuen eutektogelak masa galera txikiagoa izan zuen, % 6koa, eta mentolean oinarritutako

eutektogelak (C8-Mentol) berriz, ura xurgatu zuen hasieran, bere masaren % 15 irabaziz egonkortu aurretik eta ondoren hasierako masara itzuliz (2.irudia). Eutektogelak 48 orduz urpean jarritz gero fase bereizketa erakusten dute, hau da, disolbatzaile eutektikoa osatzen duten konposatuaren arteko elkar eragitea hausten da, eutektogelak txuri bihurtuz (2.irudia). Behaketa horiek iradokitzen dute ur xurgatze portaerak eragin nabarmena izan dezakeela ingurune urtsuetan duten errendimendu eta egonkortasunean.

2.irudia. a) Gainazal energia (dispertsio osagaia - marratxoak; osagai polarra - betea), b) ur xurgapen analisia, eta c) eutektogelaren itxura uretan 48 orduz murgilduta egon ondoren.

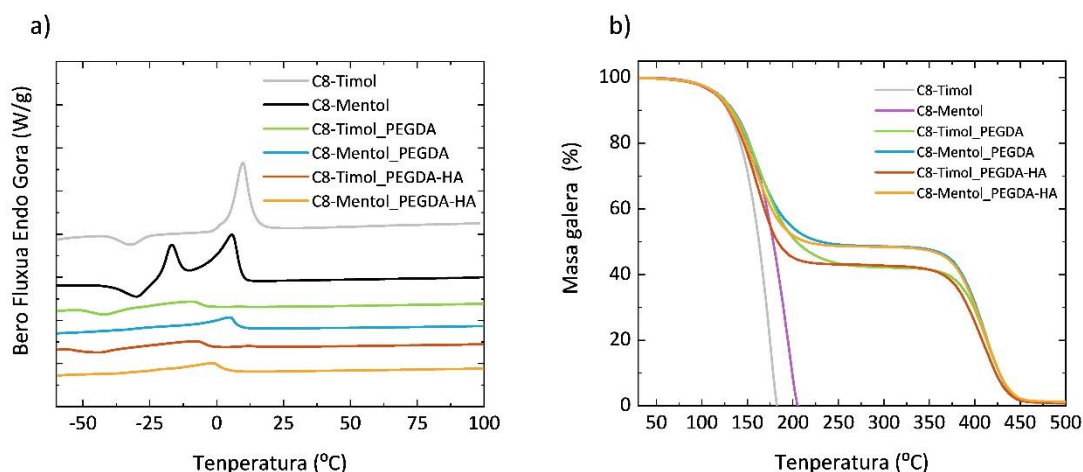


3.3. Eutektogelaren egonkortasuna hobetzea

Urpean murgilduta eduki eta fase bereizketa minimizatzeko aldaketa bat sartu zen polimeroa sarea sortzen duten akrilato monomeroetan % 10 etilhexil akrilato (HA) gehituz PEGDA monomeroari. Aldaketa hori C8-Timol eta C8-Mentolean oinarritutako eutektogelekin bakarrik egin zen, emaitza positiboak erakutsi baitzituzten ur-xurgapen analisian. Egokitzearen honen helburua polimeroen sarearen hidrofobizitatea areagotzea eta disolbatzaile eutektikoarekiko bateragarritasuna handitzea zen. Hobetutako eutektogelaren propietate termikoak DSC eta Analisi Termogravimetricoa (TGA) erabiliz aztertu ziren (3.irudia).

DSC analisiek disolbatzaile eutektikoek (C8-Timol eta C8-Mentol) beren banakako osagaiak baino urtze tenperatura baxuagoak zituztela erakutsi zuten, disolbatzaile eutektikoen eraketa baieztatuz. Eutektogelek, aldiz, disolbatzaile eutektikoek baino urtze tenperatura baxuak erakutsi zituzten. TGArek emaitzek erakutsi zuten disolbatzaile eutektikoek 115 °C inguruko degradazio tenperatura dutela eta degradazioa maila bakarrean ematen dela, timol eta mentolean oinarritutako eutektogelek, berriz, bi mailatako degradazio prozesua jasan zuten, lehenik disolbatzaile eutektikoa degradatuz eta ondoren, polimero sarea (3.irudia).

3.irudia. C8-Timol eta C8-Mentolean oinarritutako disolbatzaile eutektiko eta eutektogelen a) DSC eta b) TGA analisiak.

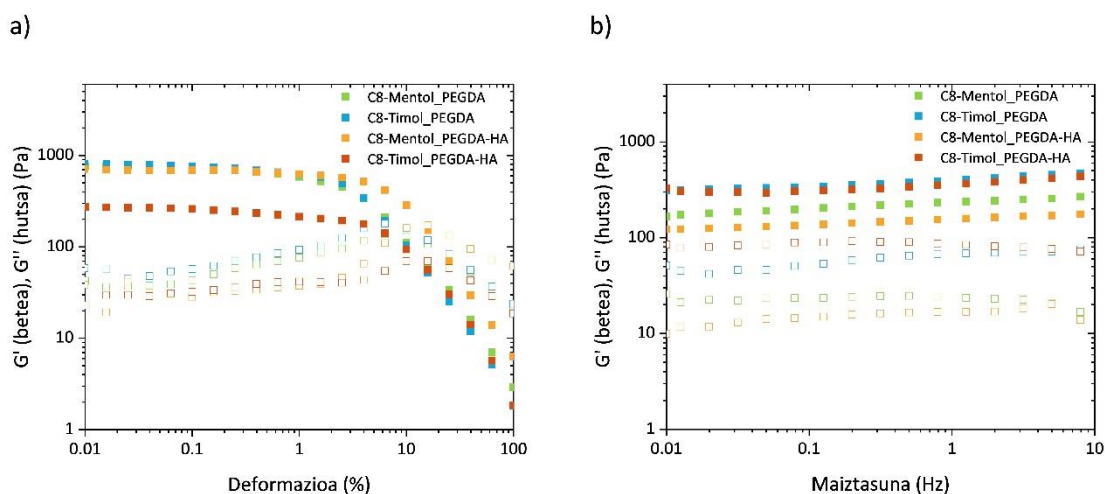


3.4 Propietate mekaniko eta erreologikoak

Azterketa erreologikoak egin ziren eutektogelen propietate mekanikoak ebaluatzeko eta HA osagaiaren eragina aztertzeko. Materialek goma portaera erakutsi zuten, non modulu elastikoak (G') modulu likatsua (G'') gainditzen zuen % 8ko deformaziora arte (4.irudia). Emaitzek ere timol edo mentola erabiltzeak ez zuela eragin handiegirik eutektogelen modulu elastikoan erakutsi zuten, bi kasuetan 750 Pa inguruko balioak baitzituzten. Hala ere, timolean oinarritutako eutektogelen kasuan, HA gehitzeak nabarmen murriztu zuen modulu elastikoa. Murrizketa hori HA gehitzearekin lotu daiteke, saretze dentsitate baxuagoa egotea eragin baitzuen. Aldiz, efektu hori ez zen antzeman mentolean oinarritutako eutektogeletan, haien G' balioak ia aldatu gabe mantendu baitziren.

Maiztasunaren aldaketaren analisiak erakutsi zuen eutektogelek batez ere portaera elastiko solidoa zutela, $G' > G''$, energia gordetzeko gaitasun hobea erakutsiz energia galera baino (4.irudia). Modulu elastikoa pixka bat handitu zen maiztasunarekin, eta hori materialak maiztasun altuetan deformazioari aurre egiteko duen erresistentzia handiagoari egozten zaio. Portaera hori polimero saretzearen presentziak azaltzen du, zeinak materialaren erlaxatzeko gaitasuna mugatu eta ondorioz izaera elastikoagoa izatera bultzatzen duen.

4.irudia. a) Deformazioaren aldaketa eta b) maiztasunaren aldaketa C8-Mentol eta C8-Timol disolbatzaile eutektikoekin osatutako eutektogeletan.



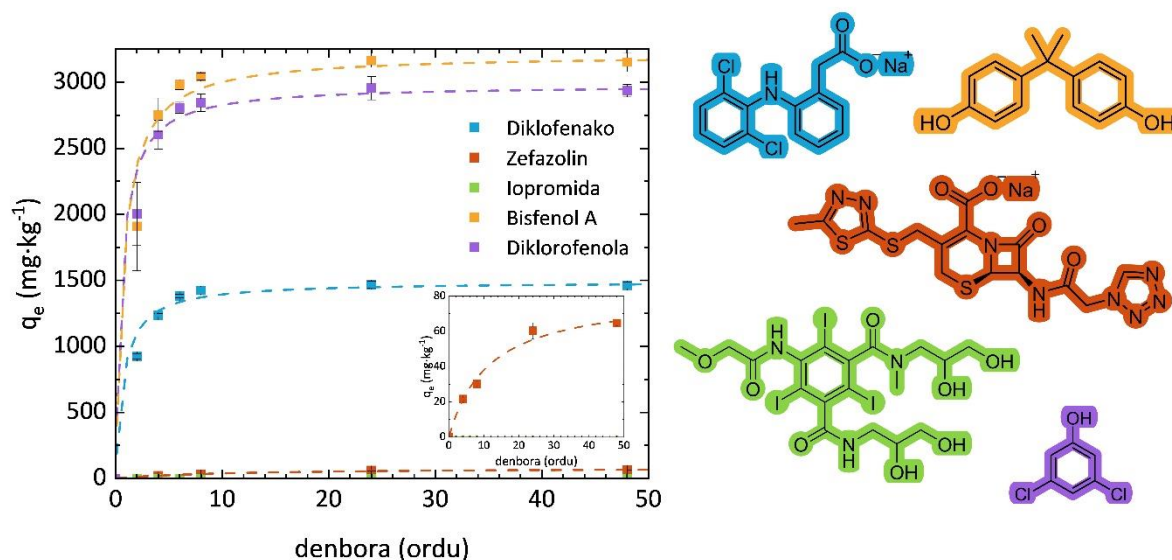
3.5. Eutektogelen adsorbatze ahalmena

Ur xurgapen analisiak eta analisi erreologikoak aztertu ondoren eutektogel eraginkorra C8-Mentol_PEGDA-HA zela ondorioztatu zen. Ondorioz, eutektogel horrekin uretatik gorabidean dauden kutsatzaileak adsorbatzeko gaitasun analisiak egin ziren.

Adsorizio esperimentuak 25 °C-tan egin ziren, horretarako eutektogela 40 mg·L⁻¹ kutsatzaile zuen 5 mL disoluziotan sartuz. Denboran zehar kutsatzaile disoluzioaren adsorizioa neurtu zen espektrofotometro baten bidez eta kutsatzaile bakoitzaren kalibrazio kurbei esker kutsatzaile disoluzioek zuten kontzentrazioa kalkulatu zen. Kutsatzaile farmazeutikoak eta produktu kimiko industrialetatik eratorritako kutsatzaileen adsorizioa ebaluatu zen, hala nola diklofenakoa, iopromida, zefazolina, diklorofenola eta bisfenol A.

Adsorizio zinetikak frogatu zuen eutektogelak oreka lortu zuela 5 ordu inguruko epean. Aipagarria da C8-Men_PEGDA-HA eutektogelak bisfenol A, diklorofenola eta diklofenorekiko adsorizio gaitasun handia zuela, bisfenol A-ren eta diklorofenolaren kasuan 3000 mg inguru adsorbatzeko gaitasuna baitu kg eutektogel bakoitzeko. Diklofenolarekiko adsorizio txikiagoa azaldu zuen (1500 mg/kg) eta iopromida eta zefazolinarekiko, berriz, oso adsorizio txikia erakutsi zuten. Emaita hauek materialaren afinitate selektiboa nabarmentzen du kutsatzaile desberdinekiko (5.irudia).

5. irudia. Eutektogelak gorabidean dauden kutsatzaileak adsorbatzeko duen gaitasuna denboraren aurrean.



4. Ondorioak

Lan honetan, edateko uretik gorabidean dauden kutsatzaileak kentzea helburu duten eutektogel hidrofobikoen multzo bat garatu da. Eutektogelen hidrofobizitate propietatea eta ur xurgapen portaera ebaluatu ziren, mentolean oinarritutako eutektogelak gainontzekoak gaindituz egonkortasunean eta hidrofobizitatean. Horrez gain, etilhexil akrilato monomeroaren gehikuntzak PEGDA sarearen hidrofobizitatea eta disolbatzaile eutektikoarekiko duen konpatibilitatea hobetu zuen. Erreologia ikerketek berriz, eutektogel guztiek goma moduko portaera zutela baieztatu zuten eta mentolean oinarritutako materialek modulu elastiko handiagoa zutela erakutsi zuten, hau da egonkorragoak zirela.

Adsorizio esperimentuek ondorioztatu dute C8-Mentol_PEGDA-HA eutektogelak bisfenol A eta diklorofenola modu eraginkorrean adsorbatzen dituela, adsorizio gaitasun handiak erakutsiz, baita diklofenakoa ere, nahiz eta adsorizio baxuagoak erakutsi.

Ikerketa honek eutektogel hidrofoboak erabilera azpimarratzen du uraren hainbat kutsatzailerentzako adsorbatzaile eraginkor gisa. Erakutsitako adsortzio errendimendu oparoek agerian uzten dute eutektogel hidrofoboak tresna indartsua izan daitezkeela uraren kutsadurari aurre egiteko, irtenbide iraunkor eta eraginkor bat eskainiz hazten ari den arazo global bati.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Lan honek uraren araztean eutektogelek izan dezaketen onura erakusten du eta atea irekitzen du material hauek ikertzen jarraitzeko kutsatzaile ezberdinetarako material espezifikoak sortu ahal izateko.

Horrez gain, material hauen bizi ziklo amaierako prozesaketa aztertzea ezinbestekoa da, berrerabilgarriak izan daitezkeen ondorioztatzeko edota zein prozesaketa jasangarri emango zaien balioztatzeko.

6. Erreferentziak

- De la calle, J. L.; Picchio, M. L.; Dominguez-Alfaro, A.; Serrano, R. R. M.; Marchiori, B.; Agua, I. del; Lopez-Larrea, N.; Criado-Gonzalez, M.; Malliaras, G. G.; Mecerreyes, D. (2023). Hydrophobic Eutectogels as Electrodes for Underwater Electromyography Recording. *ACS Mater. Lett.* 5 (12), 3340–3346. <https://doi.org/10.1021/ACSMATERIALSLETT.3C00938>.
- Gopalakrishnan, G.; Jeyakumar, R. B. eta Somanathan, A. (2023). Challenges and Emerging Trends in Advanced Oxidation Technologies and Integration of Advanced Oxidation Processes with Biological Processes for Wastewater Treatment. *Sustain.* 15 (5), 4235. <https://doi.org/10.3390/SU15054235>.
- Hu, C.; Wang, Q.; Lin, Y. L.; Zhu, Y.; Xiong, C.; Huang, D. eta Xu, L. (2022). Degradation Kinetics and Disinfection By-Product Formation of Iopromide during UV/Chlorination and UV/Persulfate Oxidation. *Water* 14 (3), 503. <https://doi.org/10.3390/W14030503>.
- Mercadal, P. A.; González, A.; Belouqui, A.; Tomé, L. C.; Mecerreyes, D.; Calderón, M. eta Picchio, M. L. Eutectogels: The Multifaceted Soft Ionic Materials of Tomorrow. *JACS Au* 4, 10, 3744–3758. <https://doi.org/10.1021/JACSAU.4C00677>.
- Naranjo, M. C.; Pulido, J. A.; Matos, I.; Bernardo, M.; M. M. Araújo, J. eta Pereiro, A. B. (2024). Efficient Removal of Perfluorooctanoic Acid Using Fluorinated Ionic Liquids and Granular Activated Carbon. *J. Mol. Liq.* 410, 125485. <https://doi.org/10.1016/J.MOLLIQ.2024.125485>.
- Rocha, K. O.; Brandão, F.; Mendes, C. átia; Carvalho, M. G. V. S.; Mazierski, P.; Zaleska-Medynska, A.; Gomes, J.; Martins, R. C. eta Domingues, E. (2024). Olive Mill Waste Bio-Based Catalyst Application in Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment. *Catal. Today* 432, 114618. <https://doi.org/10.1016/J.CATTOD.2024.114618>.
- Saleem, R.; Khan, R. R. M.; Khanam, B.; Ayoub, R. C.; Pervaiz, M.; Saeed, Z. eta Adnan, A. (2023). Pharmaceutical Wastes: An Overview. *Met. Framew. Compos. Vol. 1 ZIF-8 Based Mater. Pharm. Waste* 51–72. <https://doi.org/10.1515/9783110792607-006>.
- Tomé, L. C. eta Mecerreyes, D. (2020). Emerging Ionic Soft Materials Based on Deep Eutectic Solvents. *J. Phys. Chem. B* 124 (39), 8465–8478. <https://doi.org/10.1021/ACS.JPCB.0C04769>.
- Zhang, J.; Chen, Y.; Song, X.; Liu, Y.; Zhao, J. eta Wang, F. (2022). Synergistic Adsorption and Degradation of Diclofenac by Zero-Valent Iron Modified Spent Bleaching Earth Carbon: Mechanism and Toxicity Assessment. *J. Hazard. Mater.* 432, 128753. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2022.128753>.

7. Eskerrak eta oharrak

Elena Gabirondok eskerrak ematen dizkio Eusko Jaurlaritzari doktoretza ondoko progamagatik. Egileek Europar Batasunaren Horizon Europe ikerketa eta berrikuntzarako programaren finantza-

laguntza aitortzen dute, dirulaguntzen hitzarmenari jarraiki, 101082048 – MAR2PROTECT proiektua, bai eta Marie Skłodowska-Curie Research and Innovation Staff Exchange (RISE) programarena ere, dirulaguntza hitzarmen bidez, 101129945 – IONBIKE 2.0 proiektua.

Lan hau ChemSusChem aldizkarira bidali da.